

Vaalea kraatterilasite

Juho Nykänen
Materiaalitutkimus
Keramiikka- ja lasitaiteen koulutusohjelma
Muotoilun laitos
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
4.5.2015

Abstrakti

Tutkimuksen keskiössä on piikarbidi (SiC) efektinluojana keramiikan lasitteissa. Piikarbidi on piin ja hiilen yhdiste. Lasitteen sulaessa piikarbidimolekyylin pii-osa (Si) yhdistyy vapaaseen happeen (O) muodostaakseen piidioksidia (SiO_2); hiili (C) puolestaan muodostaa hapen kanssa hiilidioksidia (CO_2), joka aiheuttaa lasitepintaan kuplia ja rakkuloita. Oikeissa olosuhteissa puhjennut kupla jättää jälkeensä aukon lasitepinnassa – eräänlaisen kraatterin. Tutkimus keskittyy ensisijaisesti näiden kraatterien aikaansaamiseen ja polttokäyttäytymisen hallintaan. Tuloksia on aikomus soveltaa posliinivalaisimissa: tästä syystä etsin vaaleita sävyjä ja raikasta kokonaisvaikutelmaa korkean polttolämpötilan tuotteissa.

SISÄLLYS

1 Johdanto	4
2 Teoreettinen tausta	5
3 Menetelmä	5
4 Tulokset	10
5 Johtopäätökset	10
Lähteet	11

1 Johdanto

Tutkimuksen keskiössä on piikarbidi efektinluojana keramiikan lasitteissa. Löytämäni esimerkit piikarbidin käyttäytymisestä lasitteessa käsittävät lähinnä kraatterisia pintoja (ks. kuva1, kuva2) – piikarbidi voi aiheuttaa lasitteissa kuplintaa, ja oikeissa olosuhteissa puhjenneet kuplat jättävät lasitepintaan aukkoja eli niin sanottuja kraattereita. Piikarbidia on käytetty menestyksekkäästi myös kemiallisen pelkistyksen aikaansaamiseen. Tämä tutkimus keskittyy ensisijaisesti kraatterien aikaansaamiseen ja polttokäyttäytymisen hallintaan.

Tuloksia on aikomus soveltaa scifi-henkisissä posliinivalaisimissa; tästä syystä tavoitteena on löytää vaaleita, suhteellisen raikkaita sävyjä. Polttolämpötilan on myös tarkoituksenmukaista olla korkea, jotta posliinimassa saavuttaa valaisinfunktion kannalta oleellisen läpikuultavuuden ja esine voidaan lasittaa samassa poltossa.

Tutkimus haarukoi millaisia vaikutuksia lasitteeseen lisätyn piikarbidihiekan raekoolla, lisätyillä värimetallioksidoilla ja polttolämpötiloilla on lopputuloksiin.



Kuva 1. James Loveran korkean polton piikarbidikraatterilasite
(View from the Potting shed –blogista)

Kuva 2. James Haggertyn matalan polton piikarbidikraatterilasite (Scott McClaine 2005)

2 Teoreettinen tausta

Piikarbidi (SiC) on piin ja hiilen yhdiste. Digitalfire –materiaalitietokannan (Hansen 2008) mukaan piikarbidin avulla voidaan valmistaa kraatterisia ja vaahtomaisia lasitteita. Lasitteen sulaessa piikarbidimolekyylin pii-osa (Si) yhdistyy vapaaseen happeen (O) muodostaakseen piidioksidia (SiO₂); hiili (C) puolestaan muodostaa hapen kanssa hiilidioksidia (CO₂), joka aiheuttaa lasitepintaan rakkuloita ja kuplia.

Tähän kykyyn sitoa happea sulassa lasitteessa perustuu myös kemiallinen pelkistys, joka piikarbidin avulla on mahdollista toteuttaa. Pelkistystarkoitukseen käytetyn piikarbidihiekan on syytä olla mahdollisimman hienoa ja lasitteen juoksevuuden oikeassa suhteessa poltto-ohjelman keston kanssa, jotta lasite ehtii tasaantua ennen sen pinnan jähmettymistä.

3 Menetelmä

Haarukoin piikarbidin eri raekokojen ja pitoisuuksien vaikutuksia lasitteessa seuraavasti.

Valitsin pohjallasitteeksi valkean HM1-mattalasisitteen.

Talkki	21%
Wollastoniitti	30%
Kaolini Standard	11%
Kvartsi FFQ	10%
Maasälpä FFF K3	28%

Tein kyseisestä lasitteesta kolme koesarjaa (ks. kuva 3); lisäsin pohjallasitteeseen piikarbidia 80, 220 ja 400 MESH-karkeudessa – kutakin 0,5%, 2% ja 5% lasitteen kuiva-ainepitoisuudesta¹.

Lasitin raakapolttamattomat koepalakupit perinteiseen tyyliin ”kaada sisään, kaada ulos” – tekniikalla.

Koepalat poltin seuraavalla poltto-ohjelmalla.

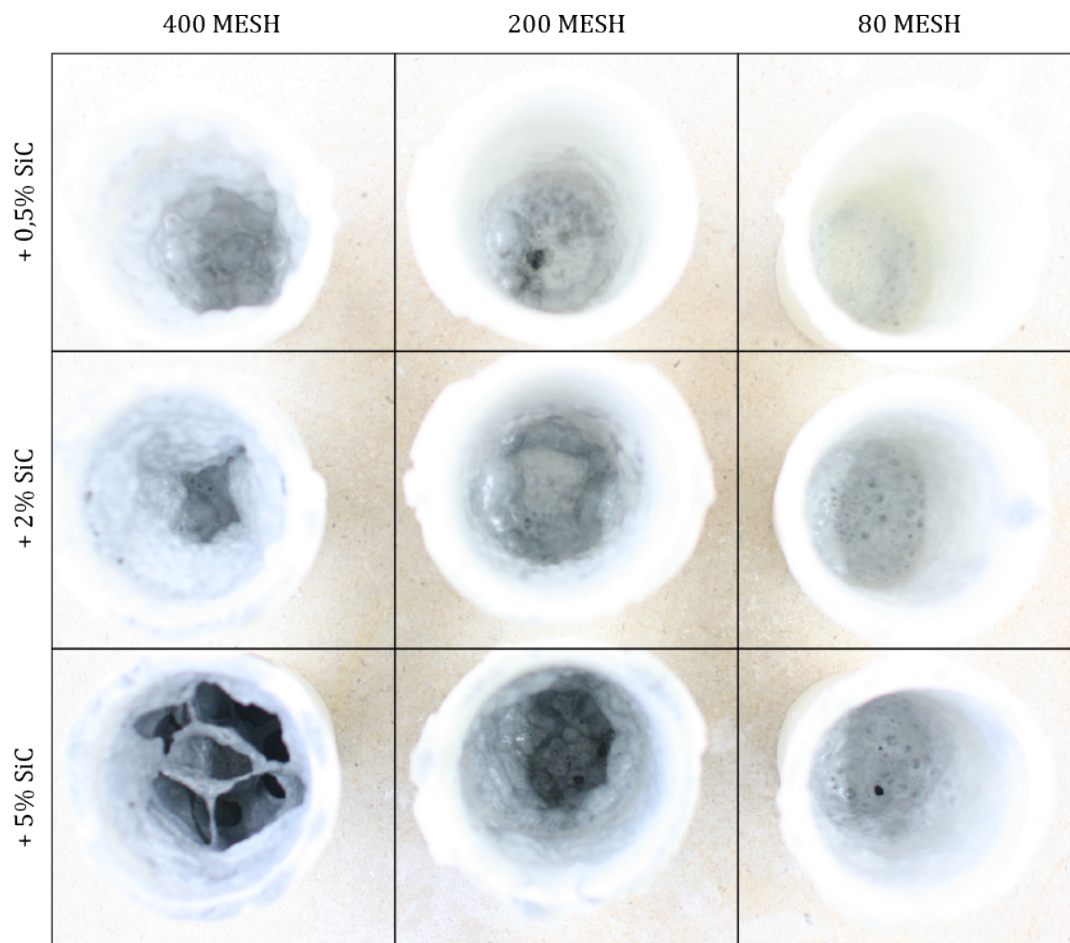
100 °C/h → 150 °C

150 °C/h → 500 °C

FULL → 1250 °C

+ 30min haudutus huippulämmössä

¹ Tässä tutkimusraportissa maininnat lisätyistä prosenteista tarkoittavat aina prosentteja kuiva-ainepitoisuudesta.



Kuva 3. HM1-mattalasite ja piikarbidi.

Hieman yllättävästi hienoimman raekoon piikarbidilla höystetty lasite kupli poltossa eniten. Luullakseni siksi, että karkeammat hiukkaset painavat sikäli paljon että sakkautuvat liian voimakkaasti kulkeakseen tasaisesti lasitteen mukana esineen pintaan asti. Pitoisuuden lisääntyessä voidaan nähdä niin ikään kasvava kuplinta. Odotusteni vastaisesti kuplat eivät merkittävässä määrin puhkeilleet kraattereiksi. Piikarbidi myös värjäsi lasitteen tarkoituksiini sopimattoman harmaaksi.

Aalto-yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulun keramiikkastudion harjoitusmestari Tomi Pelkosen henkilökohtaisesta tiedonannosta sain ymmärtää, että kiiltävää KXX5-lasitetta käyttäen kraatterien aikaansaaminen on todennäköisempää kuin HM1-mattalasitteen pohjalta. Syynä päätelmään on lasitteiden viskositeettiero, joka on näitä kahta lasitetta vertailtaessa määrittävä tekijä myös lasitteen kirkkauden kannalta. HM1-lasitteen mattavaikutelma syntyy siis pienistä kuplista. HM1 vastustaa virtaamista enemmän kuin KXX5-lasite vastaavassa lämpötilassa. Vapautuvan hiilidioksidin aiheuttamat kuplat laajenevat viskoosisemmassa lasitteessa huomattavasti pidempään kuin juoksevamassa.

On huomattava, että monet mattalasitteet saavat optisen ominaisuutensa lasitepintaan jäähtymisen aikana muodostuvista kiteistä. Tällaisten lasitteiden viskositeetti saattaa olla

hyvinkin alhainen. Viskositeetti ei siis ole suinkaan suoraan verrannolliseen lasitepinnan kirkkauteen.

Englantilaisen nimimerkki Rachel Dance (2010) jakaa blogissaan "A View from the Potting Shed" James Loveran valkoisen kraatterireseptin, joka on julkaistu Ceramic Review -lehden 1993 touko-/kesäkuun numeron sivulla 141. Resepti sisältää 3% piikarbidia ja 5% titaanioksidia. Päätin tutkia millaisia vaikutuksia titaanioksidilla, zirkoniamsilikaatilla ja tinaoksidilla voisi olla piikarbidin aiheuttamaa harmautta vastaan. Zirkoniamsilikaatti, tinaoksidi ja titaanioksidi opalisioijia ja kykenevät muuttamaan kirkkaan lasitteen peittävän valkoiseksi. (Jylhä-Vuorio 2003, 142, 167–169).

Seuraavaan koesarjaan valitsin lasitteiksi kirkkaan KXX5-lasitteen sekä COPR 8 – häränverilasitteen.

KXX5		COPR8	
Maasälpä FFF K7	45%	Potaska	78,7%
Liitu	18%	Alkaalifritti	9,1%
Kaoliini	6%	Liitu	12,2%
Kvartsi	25%	Tinaoksidi	1%
Sinkkioksidi	6%	Kuparioksidi	0,4%

KXX5-lasitteesta valmistin neljä koe-erää (ks. kuva 4), joihin kuhunkin lisäsin 5% piikarbidia tehokkaimmaksi osoittautuneessa 400 MESH raekoossa. Yksi lasite sai 10% lisäyksen zirkoniamsilikaattia (ZrSiO_4), toinen saman määrän tinaoksidia (SnO_2) ja kolmas niin ikään 10% titaanioksidia (TiO_2). Neljäs koe-erä jäi vertailukappaleeksi pelkällä piikarbidilisäyksellä.

COPR 8 -lasitteen valitsin verrokiksi, koska se antoi otollisen tilaisuuden havainnoida samassa mahdollisia pelkistysreaktioita. Niin sanotut häränverilasitteet saavat verenpunaisen värin hapettomissa olosuhteissa, jotka voidaan järjestää esimerkiksi puu- tai kaasu-uunissa. Sähköuunissa olosuhteet ovat hapekkaat, ja lasite jää tavallisesti läpikuultavaksi. Piikarbidin molemmat puolet, pii ja hiili sitovat hapetta itseensä lasitemassan sulaessa; näin ollen se voi mahdollistaa niin sanotun kemiallisen pelkistyksen, paikallisen hapettomuuden. Kahdesta koe-erästä (ks. kuva 4) toiseen lisäsin 5% piikarbidia ja 10% titaanioksidia, toiseen vain 5% piikarbidia.

Näistä kuudesta lasitteesta poltin koelaatan seuraavalla poltto-ohjelmalla.

50 °C/h → 200 °C
100 °C/h → 670 °C
FULL → 1280 °C
+ 20 min haudutus huippulämmössä

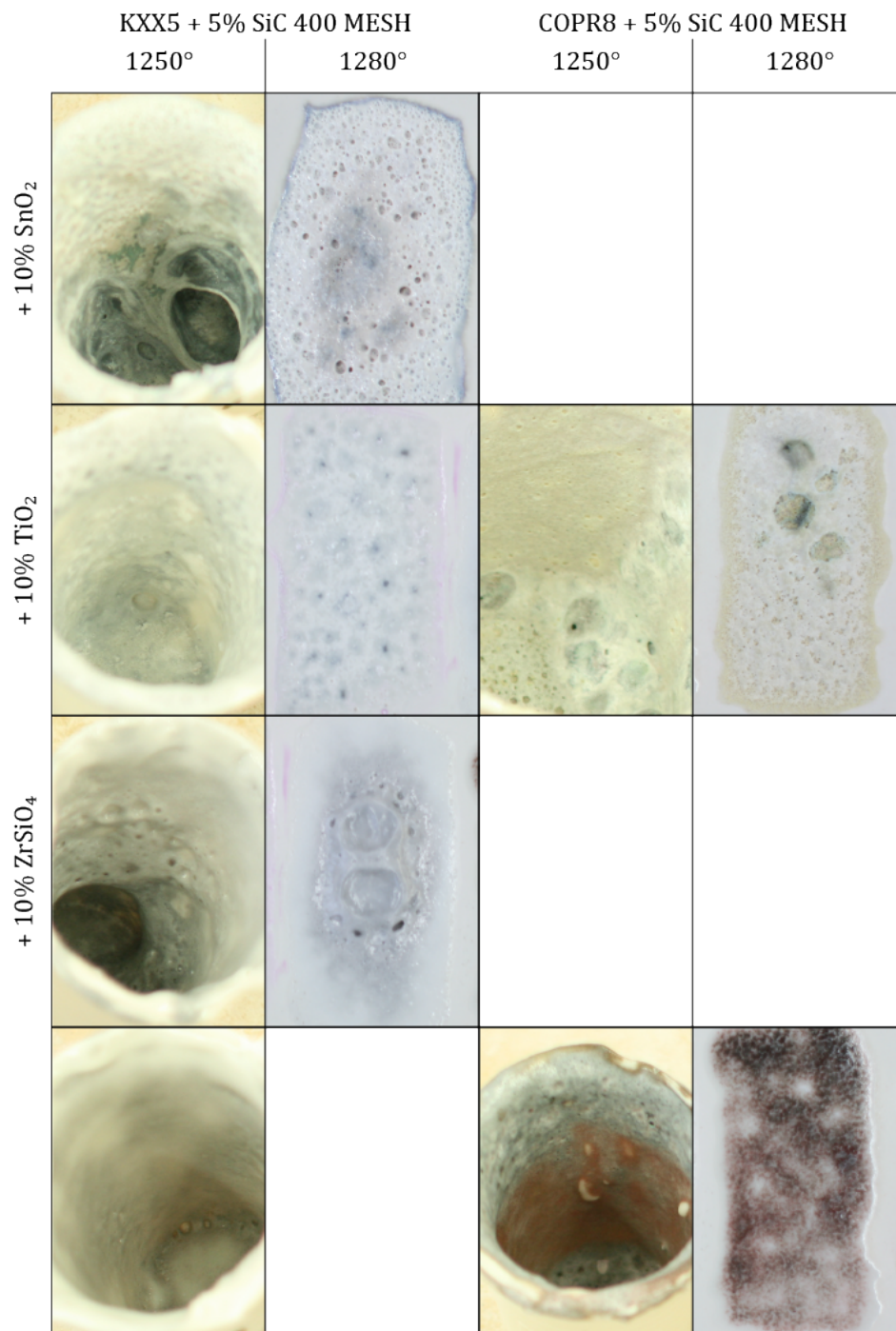
Samoilla lasitteilla lasitetut koepalakupit poltin seuraavalla poltto-ohjelmalla.

100 °C/h → 150 °C

150 °C/h → 500 °C

FULL → 1250 °C

+ 30min haudutus huippulämmössä



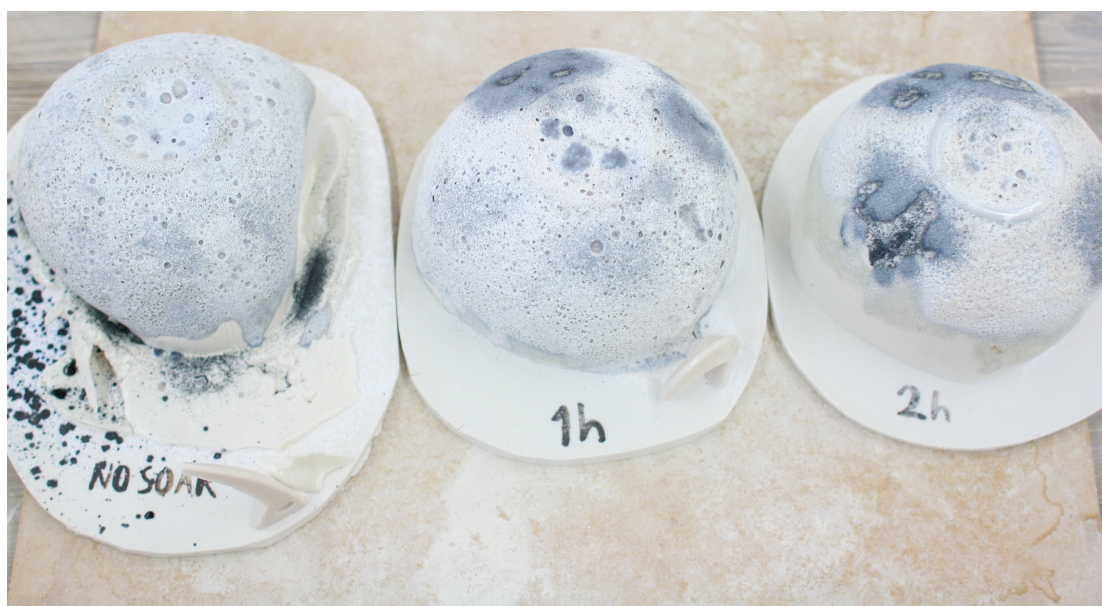
Kuva 4. KXX5- ja COPR8-koesarjat piikarbidilla ja värimetallioksidilisäyksillä.

Näiden kokeiden yllättäjä oli COPR8. Lasite on ilmeisen sulavaa, sillä pelkällä piikarbidilla höystetty koepala oli saanut lopulta erittäin sileän pinnan. Titaanioksidilisäyksen saanut versio taas oli muuntunut erittäin kuivaksi.

Olemukseltaan lähinnä käyttötarkoitukseeni soveltuvaa näytti olevan KXX5 titaanioksidilisäyksellä. Titaani- ja tinapitoisten lasitteiden reunamilla näkyvien pastellinsävyjen aiheuttaja on mystinen; mahdollisesti kyseessä on jokin piikarbidin muassa lasitteeseen tullut epäpuhtaus. Suurimpana ongelmana mielestäni näyttäytyi tällä haavaa kraatterien pieni koko. Monimuotoisemman rytmin ja suurempien kraatterien toivossa liimasin CMC-liimalla 80 MESH piikarbidia esineen pintaan ennen lasittamista. Tällä kertaa lasitin koekulhot (ks. kuva 6) sivellintä käyttäen.

Poltin kulhot kolmella eri poltto-ohjelmalla, pyrkien haudutuksen pituutta säätelällä selvittämään haudutuksen vaikutuksia kraatterien kokoon ja muodostumiseen. Kokeessa varioin 1250° poltto-ohjelmaa ilman haudutusta, 1 tunnin haudutuksella ja 2 tunnin haudutuksella huippulämpötilassa. Tunnin haudutettu esine on säilyttäen selvästi valkoisempi kuin verrokki, jota ei huippulämpötilassa ole haudutettu lainkaan. Luullakseni piikarbidin rakenne pääsee haudutuksessa laajemmin purkautumaan ja hiili poistumaan hiilidioksidiyhdisteessä lasitteesta. 2 tunnin haudutuksessa havaittavana erona tunnin haudutukseen on ainoastaan valuminen. Ilmeisimmin valuminen näkyy koe-astian jalkarenkaasta, jossa lasite on tasoittunut ohueksi ja sileäksi.

Tummat alueet ovat seurausta lasitteen alle liimatusta piikarbidista. Ilmeisesti lasitetta on ollut liian niukasti suhteessa piikarbidin määrään ja lasite on sulattanut piikarbidia vain hyvin vähän.



Kuva 6. KXX5 + SiC 5% + TiO₂. 1250° ei haudutusta, tunnin haudutus ja kahden tunnin haudutus.

4 Tulokset

Kraatterien syntymiselle on olennaista lasitteen oikeanlainen viskositeetti halutussa polttolämpötilassa. Pohjaksi kraatterisovelluksille sopii parhaiten lasite, jossa hiilidioksidikuplat pääsevät kyllin helposti puhkeamaan – mutta joka kuitenkin vastustaa juoksemista riittävästi, niin etteivät rakot sulkeudu uudestaan tasaiseksi lasitepinnaksi.

Piikarbidin tuomaa harmautta on mahdollista taittaa valkoiseksi tyypillisillä valkoisilla pigmenteillä titaanioksidilla, tinaoksidilla ja zirkoniumsilikaatilla. Haudutus huippulämpötilassa edistää harmauden poistumista; nähdäkseni piikarbidi jatkaa haudutuksessa hajoamistaan ja harmautta aiheuttava hiili poistuu uusissa hiilidioksidiyhdisteissä lasitteista.

5 Johtopäätökset

Tutkimus avasi alustavasti pääsemään vaaleiden kraatterilasitteiden maailmaan. Kun versioidut haudutukset tai lisätty karkeampi piikarbidi eivät tuoneet merkittävästi diversiteettiä kraatterien kokoon tai rytmiin, on aiheellista tutkia millaisia vaikutuksia esimerkiksi tutkimuksessa erillään käytettyjen valkoisten pigmenttien (TiO_2 , SnO_2 ja ZrSiO_4) yhdistelmillä voi olla. Tutkimus tarjoaa hyviä esimerkkejä piikarbidin karkeuden ja prosenttimäärien vaikutuksista lasitteen käyttäytymiseen.

Lähteet

Hansen, Tony. 2008. Silicon Carbide, Digitalfire Ceramic Materials Database. Tietokanta. http://digitalfire.com/4sight/material/silicon_carbide_1250.html

Jylhä-Vuorio, Heikki. 2003. Keramiikan materiaalit. Kuopio: Kuopion muotoiluakatemia.

Nimimerkki Rachel Dance. 2010. View from the Potting shed. Crater Glaze. Blogikirjoitus. <https://racheldance.wordpress.com/2010/08/23/crater-glaze/>

Kuvaluettelo

Kuva 1. **Nimimerkki Rachel Dance.** 2010. View from the Potting shed. Crater Glaze. Blogikirjoitus. <https://racheldance.wordpress.com/2010/08/23/crater-glaze/>

Kuva 2. **McClaine, Scott.** Ceramics Monthly 11/2005 s. 57